

① RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

⑪ N° de publica. :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 794 132

⑫ N° d'enregistrement national : 99 06725

⑮ Int Cl⁷ : C 21 D 11/00, C 21 D 9/70, F 27 B 9/36, 9/40, G 05 D 23/185

⑫ DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫ Date de dépôt : 27.05.99.

⑬ Priorité :

⑰ Demandeur(s) : STEIN HEURTEY — FR.

⑱ Inventeur(s) : MOREL ALAIN et DUBOIS PATRICK.

⑳ Date de mise à la disposition du public de la demande : 01.12.00 Bulletin 00/48.

㉑ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

㉒ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

㉓ Titulaire(s) :

㉔ Mandataire(s) : ARMENGAUD AINE.

㉕ PERFECTIONNEMENTS APPORTES AUX FOURS DE RECHAUFFAGE DE PRODUITS SIDÉRURGIQUES.

㉖ Procédé de contrôle de la température d'un produit sidérurgique, notamment d'une brame ou d'une billette, devant être ensuite laminé, dans un four de réchauffage comportant une pluralité de brûleurs latéraux positionnés dans différentes zones notamment de préchauffage, de chauffage et d'égalisation, caractérisé en ce que les brûleurs sont commandés individuellement, indépendamment les uns des autres de manière que chaque brûleur constitue une zone de régulation indépendante, la commande individuelle de chacun desdits brûleurs étant effectuée de manière à positionner le point chaud de sa flamme en fonction du profil de température longitudinal souhaité du produit à réchauffer.

FR 2 794 132 - A1



La présente invention concerne des perfectionnements apportés aux fours équipés de brûleurs latéraux assurant le réchauffage de produits sidérurgiques, notamment de brames ou de billettes, qui sont soumis ensuite à une opération de laminage.

On sait que le profil de température d'un produit sidérurgique répondant aux exigences du laminage, à la composition du métal ou aux dimensions de ce produit est obtenu grâce à un contrôle précis de la courbe de montée en température du produit (suivant la direction longitudinale du four) et grâce à un contrôle de la distribution de température selon la longueur de ce produit (suivant la direction transversale du four).

Les fours de réchauffage de produits sidérurgiques sont traditionnellement découpés en zones de régulation de température réparties sur la longueur du four, avec une indexation de température définie pour chaque zone dont la valeur est fixée manuellement ou par l'intermédiaire d'un dispositif automatique de conduite. L'indexation de la température desdites zones permet d'obtenir une courbe de chauffage du produit entre son enfournement et son défournement.

Les brûleurs latéraux dont sont pourvus ces fours de réchauffage ont généralement une position du point chaud qui varie avec le régime thermique de ce type de brûleur. A plein feu, le brûleur a tendance à chauffer préférentiellement le centre de la brame alors qu'à petit feu, ce sont les extrémités de la brame qui sont les plus chaudes. Ceci rend difficile le réchauffage homogène de brames pour différents tonnages du four qui induisent des régimes de fonctionnement différents des brûleurs, donc des positionnements différents de leur point chaud.

Afin de s'affranchir de tels inconvénients, on a installé des brûleurs en voûte ou des brûleurs frontaux sur les fours de façon à permettre le réglage de la distribution thermique, transversalement au four, grâce à deux ou plusieurs zones de régulation indépendantes sur la largeur du four. Ces solutions sont satisfaisantes en matière d'ajustement de la température longitudinale des produits à réchauffer mais elles imposent la mise en place sur le four de nombreux brûleurs avec leurs équipements de contrôle et leurs tuyauteries d'alimentation, ce qui augmente leur coût de fabrication.

Afin de pallier cet inconvénient, on a été amené à développer des brûleurs latéraux capables de moduler la position du point chaud de leur flamme, permettant ainsi d'agir sur la distribution transversale de l'injection de puissance thermique dans le four. Grâce à ces dispositions, le point chaud de la flamme de tels brûleurs peut être positionné au choix, soit au centre, soit sur les extrémités de la brame. Cependant, un tel positionnement du point chaud de la flamme ne peut s'opérer avec précision que sur une plage d'utilisation faible du brûleur, par exemple entre 60% et 100% de sa puissance nominale, ce qui limite considérablement l'efficacité de cette solution pour des tonnages variables produits par le four.

Par ailleurs, l'ajustement de la position du point chaud de la flamme du brûleur s'effectue généralement de façon manuelle et cet ajustement est rarement utilisé en production par les opérateurs qui connaissent et/ou utilisent mal cette possibilité de réglage du four.

L'obtention d'un profil de température parfait dans une brame ou une billette dépend donc de la finesse de réglage de l'injection de la puissance thermique dans le four, en particulier des possibilités de réglage de cette injection, suivant les directions longitudinales et transversales du four, en fonction du temps de séjour du produit dans le four.

La présente invention s'est fixé pour objectif d'apporter une solution nouvelle au contrôle, suivant les directions transversales et longitudinales du four, de la puissance thermique injectée dans un four de réchauffage équipé de brûleurs latéraux.

L'invention vise en conséquence un procédé de contrôle de la température d'un produit sidérurgique, notamment d'une brame ou d'une billette devant être ensuite laminé, se déplaçant dans un four de réchauffage comportant une pluralité de brûleurs latéraux positionnés dans différentes zones du four notamment de préchauffage, de chauffage et d'égailisation, caractérisé en ce que les brûleurs sont commandés, individuellement, indépendamment les uns des autres afin que chaque brûleur constitue une zone de régulation indépendante, la commande individuelle de chacun desdits brûleurs étant effectuée de manière à positionner le point chaud de sa flamme en fonction du profil de température longitudinal souhaité du produit à réchauffer.

Ainsi, selon le procédé objet de l'invention, afin d'obtenir un réglage fin de l'injection de la puissance thermique dans le four, selon la direction longitudinale de ce dernier, on supprime les zones de régulation qui, dans la technique antérieure, regroupaient plusieurs brûleurs, et chaque brûleur, rendu indépendant, devient une zone de régulation unitaire capable de contrôler la partie correspondante de la courbe de chauffage du ou des produits lors de leur déplacement dans le four.

Grâce à cette solution originale, il est possible de définir une courbe de chauffage optimale du produit, en fonction de sa composition chimique ou de ses dimensions. Cette courbe de chauffage optimale est obtenue grâce à la finesse de contrôle de chaque brûleur considéré comme une zone de régulation unitaire indépendante, de longueur plus faible que les zones de régulation selon l'art antérieur regroupant plusieurs brûleurs.

Selon l'invention, il est également possible d'optimiser la consommation du four, en fonction du tonnage produit, en éteignant les brûleurs situés du côté de l'enfournement des produits, de façon à augmenter la longueur de la zone de récupération de chaleur dans le four. Un tel mode de fonctionnement est impossible dans la technique actuelle étant donné que chaque zone de chauffage est indépendante et maintient sa température à la valeur de consigne affichée. L'optimisation de la courbe de température en fonction du tonnage du four permet de « chauffer le plus tard possible » donc de limiter la production de calamine, la décarburation et le risque de surchauffe des produits.

Les technologies existantes de brûleur permettent d'obtenir un réglage fin de l'injection de la puissance thermique suivant la direction transversale du four. Cependant, ces brûleurs présentent l'inconvénient majeur résidant dans une imprécision du positionnement du point chaud sur une partie importante de l'organe de fonctionnement. Selon la présente invention, on supprime cet inconvénient en les faisant fonctionner les brûleurs en tout ou rien, l'ajustement de la puissance thermique injectée dans le four étant obtenue par le réglage du temps de fonctionnement et d'arrêt de chaque brûleur.

Durant chaque phase d'allumage ou de fonctionnement, le brûleur fonctionne à un régime fixe de 100%, régime pour lequel ses caractéristiques et les réglages du rapport carburant/comburant peuvent être optimisés en vue de réduire les émissions de NOx ou de CO₂. La stabilité de réglage de la combustion des brûleurs ainsi

obtenue autorise également un meilleur contrôle de l'excès d'air dans l'enceinte du four, ce qui contribue à réduire la formation de calamine à la surface des produits.

Selon la présente invention, on peut faire alors fonctionner les brûleurs à la demande, en « coups courts » pour chauffer les extrémités des brames ou en
5 « coups longs » pour chauffer le centre des brames. Bien entendu, on peut sélectionner plusieurs positions intermédiaires de la flamme produite par les brûleurs. Le brûleur fonctionnant en tout ou rien, le changement « coups courts » à « coups longs » ou inversement ou suivant de multiples combinaisons, peut être commandé librement quand le brûleur est à l'arrêt de façon à éviter de le faire
10 fonctionner à un régime intermédiaire pour lequel son réglage pourrait ne pas être optimisé (paramètres de combustion ou rejets d'éléments polluants). Ce mode de fonctionnement en tout ou rien, caractéristique du procédé objet de l'invention, peut être étendu à tous les brûleurs du four de manière à obtenir le même type de fonctionnement et les mêmes avantages pour toutes les zones du four.

15 Selon l'invention, le réglage de la distribution de la puissance thermique injectée selon l'axe transversal du four, c'est-à-dire selon la longueur du produit, est déduit de la mesure de la température du produit opérée directement lors de l'étape de laminage du produit défourné.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront
20 de la description faite ci-après en référence aux dessins annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif.

Sur les dessins :

- la figure 1 est une vue schématique en coupe axiale longitudinale d'un exemple de réalisation d'un four de réchauffage, de type connu, de produits
25 sidérurgiques, auxquels s'applique la présente invention ;

- la figure 2 est une vue similaire à la figure 1 représentant un exemple de réalisation d'un four muni des perfectionnements objet de l'invention ;

- la figure 3 est une vue en coupe verticale transversale du four de la figure 2 et,

30 - la figure 4 représente de façon schématique en perspective un four selon l'invention, à fonctionnement entièrement automatique.

On se réfère en premier lieu à la figure 1 sur laquelle on voit qu'un four de réchauffage de produits sidérurgiques selon la technique antérieure est constitué

d'une enceinte calorifugée 1 dans laquelle est positionné un dispositif de support 2 des produits 3, ces derniers étant transférés au travers du four par l'intermédiaire d'un dispositif 4. Il s'agit là de moyens bien connus ne nécessitant pas de description particulière. Le chauffage des produits 3 est assuré à l'aide de brûleurs pouvant être implantés soit en dessous des produits (brûleurs 5), soit au dessus de ces produits (brûleurs 6). Les brûleurs 6, situés au dessus des produits peuvent être du type latéraux comme illustré sur la figure 1, ou ils peuvent être implantés sur la voûte du four.

Le four est découpé longitudinalement en une succession de zones de régulation différentes Z1-Z5 : la zone Z1 non équipée de brûleurs, est une zone de récupération de la chaleur des fumées par les produits 3 ; la zone Z2 est par exemple, une zone de préchauffage munie de brûleurs inférieurs 5 et supérieurs 6 ; les zones Z3 et Z4 sont par exemple des zones de chauffage équipées de brûleurs supérieurs 6 et inférieurs 5 et la zone 5 peut être une zone d'égénéralisation munie de brûleurs inférieurs 5 et supérieurs 6. Chacune desdites zones est placée sous le contrôle de thermocouples T1-T5 qui contrôlent, par l'intermédiaire d'un système de régulation, l'apport calorifique dans la zone considérée de façon que sa température soit voisine de la température de consigne indexée par l'opérateur. Cette technique connue permet donc un ajustement zone par zone de la température de l'enceinte du four, mais elle présente les inconvénients qui ont été soulignés dans le préambule de la présente description, ces inconvénients résultant essentiellement du fait que le nombre et la longueur des zones de régulation limitent les possibilités d'action sur la courbe de réchauffage du produit.

On se réfère maintenant à la figure 2 qui illustre un exemple de réalisation d'un four muni des perfectionnements objet de la présente invention. Selon l'invention, chaque brûleur constitue une zone de régulation indépendante Z2-Z10 pour les brûleurs situés au dessus (brûleurs 6) ou au dessous (brûleurs 5) du plan des produits 3. Les brûleurs sont donc commandés indépendamment les uns des autres, afin d'obtenir une excellente précision du contrôle de la courbe de chauffage sur toute la longueur du four, la commande individuelle de chaque brûleur étant effectuée de manière à positionner le point chaud de la flamme qu'il produit, en fonction du profil de température longitudinal souhaité du produit 3 à réchauffer. Ce réglage individuel et par conséquent la répartition du chauffage suivant les zones Z2

à Z10, peut être commandé manuellement, par exemple par l'opérateur à partir d'un pupitre de commande prévu dans une cabine de contrôle ou, automatiquement par un système automatique de contrôle du four. Grâce à cette disposition, on obtient une optimisation de la courbe de chauffage selon l'axe longitudinal du four et de la répartition de la température sur la longueur du produit, suivant l'axe transversal du four.

Selon l'invention, les brûleurs tels que 5 et 6 fonctionnent en tout ou rien de façon à limiter le nombre de points de fonctionnement (0% et 100%) et dont l'apport calorifique est contrôlé par le rapport entre le temps de fonctionnement et le temps d'arrêt. On peut ainsi augmenter la souplesse de fonctionnement des brûleurs (puissance réglable de 0 à 100%), contrôler parfaitement la position du point chaud de la flamme et limiter la quantité de polluants rejetés.

Selon l'invention, la commande des brûleurs est assurée suivant un nombre préétabli de régimes pour lesquels les réglages de combustion ont été optimisés en vue de réduire la production de NO_x ou de CO₂.

On se réfère maintenant à la figure 3 qui illustre la possibilité, selon la présente invention, de faire fonctionner les brûleurs à la demande, en « coups courts » 8 pour chauffer les extrémités des brames ou en « coups longs » 7 pour chauffer le centre de la brame. Sur cette figure, on a représenté de façon simplifiée, la forme des flammes des brûleurs latéraux supérieurs respectivement pour les « coups courts » 8 et pour les « coups longs » 7. Bien entendu, ces mêmes caractéristiques peuvent être obtenues en ce qui concerne les brûleurs inférieurs 5. Plusieurs positions intermédiaires du point chaud de la flamme peuvent être obtenus en utilisant des brûleurs selon l'état antérieur de la technique. Lorsque la commande des brûleurs est réalisée en tout ou rien, le contrôle de la position du point chaud du brûleur est assuré quelle que soit la variation de la production instantanée du four.

Selon une caractéristique de l'invention, le réglage de la répartition de la puissance transversale pour l'ensemble des brûleurs est commandé de façon séquentielle, de manière à obtenir un rapport entre les temps de fonctionnement des brûleurs, entre les « coups courts » et les « coups longs » de par exemple de 1 à 3, ce qui induit un type de profil de température dans la brame en fonction des exigences du laminoir.

On se réfère maintenant à la figure 4 qui illustre une application des perfectionnements apportés par l'invention à un four 10 destiné à assurer le réchauffage de brames 11 en vue de leur laminage 13. Dans cette application particulière, le four 10 est contrôlé par un calculateur ou automate 15. En aval de l'opération de laminage, ou en un point du processus de laminage, on prévoit un capteur 14 mesurant au défilé la température de la bande 12 obtenue par le laminage de la brame 11 réchauffée dans le four 10. Le calculateur 15 reçoit :

- des informations A concernant la nature de la brame 11 à enfourner (dimensions et matière) ;

- des informations B sur le cadencement de défournement des brames réchauffées dans le four et devant être délivrées au laminoir 13 ;

- des informations C relatives aux conditions du laminage et,

- des informations D transmises par le capteur de température 14.

A partir des informations A, B, C, D ainsi recueillies, le calculateur 15 détermine, à l'aide d'algorithmes de type modèle mathématique ou logique floue ou système neuro-prédictif, la courbe de température optimale F à faire suivre à la brame 11 tout ou long de la traversée du four 10 ainsi que le profil longitudinal de température G de la brame en sortie du four, afin d'optimiser le laminage. Les instructions E émises dans ce but par le calculateur 15 sont transmises individuellement aux différents brûleurs du four 10.

L'installation selon l'invention décrite ci-dessus en référence à la figure 4 est entièrement automatique, le four 10 délivrant une brame dont le profil thermique longitudinal G est optimal pour l'opération de laminage. La courbe de chauffage F suivie par le produit tel que la brame 11 dans le four est également optimisée en fonction de la nature du matériau du produit et des ses contraintes propres, notamment température d'enfournement et tolérance d'homogénéité souhaitée dans le produit.

La courbe de température F est également définie de façon à retarder le plus possible le chauffage des produits afin de réduire la consommation du four, la production de calamine et la décarburation du produit. A cet égard, la commande des brûleurs peut être réalisée de façon à limiter la consommation du four, en privilégiant la récupération d'énergie dans le four, dans la zone d'enfournement Z1 des produits.

Le fonctionnement en tout ou rien des brûleurs permet de réduire le taux de NOx rejeté en optimisant le réglage de leur point unique de fonctionnement.

En cas de changement de lots de produits dans le four, la modification de la courbe de chauffage s'effectue directement, brûleur par brûleur et non plus zone par zone. L'invention permet ainsi d'adapter rapidement et facilement la courbe de réchauffage en fonction de l'enfournement de produits chauds ou de produits froids. Il est ainsi possible de limiter la longueur du « trou » entre deux lots de produits de matière différente ou d'exigences différentes, donc de limiter les pertes de production sur les fours du type « plate » dont les changements de gammes de produits sont très fréquents.

Il demeure bien entendu que la présente invention n'est pas limitée aux modes de mise en oeuvre décrits et/ou mentionnés ci-dessus mais qu'elle en englobe toutes les variantes.

REVENDEICATIONS

5 1- Procédé de contrôle de la température d'un produit sidérurgique, notamment d'une brame ou d'une billette devant être ensuite laminé, dans un four de réchauffage comportant une pluralité de brûleurs latéraux positionnés dans différentes zones notamment de préchauffage, de chauffage et d'égatisation, caractérisé en ce que les brûleurs (5;6) sont commandés individuellement,
10 indépendamment les uns des autres de manière que chaque brûleur constitue une zone de régulation indépendante, la commande individuelle de chacun desdits brûleurs étant effectuée de manière à positionner le point chaud de sa flamme en fonction du profil de température longitudinal souhaité du produit à réchauffer.

 2- Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que lesdits brûleurs
15 (5;6) fonctionnent en tout ou rien, l'ajustement de la puissance thermique injectée dans le four étant obtenue par le réglage du temps de fonctionnement et d'arrêt de chaque brûleur.

 3 - Procédé selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que l'on fait fonctionner les brûleurs, à la demande, en « coups courts » (8) pour
20 chauffer les extrémités du produit ou en « coups longs » (7) pour chauffer le centre des produits avec possibilités de positions intermédiaires de la flamme produite par les brûleurs.

 4 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que le réglage de la répartition de puissance transversale pour l'ensemble des brûleurs est commandé,
25 de façon séquentielle, de manière à obtenir un rapport entre les temps de fonctionnement des brûleurs entre les « coups courts » (8) et les « coups longs » (7) de l'ordre de 1 à 3.

 5- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que la commande des brûleurs est réalisée afin de privilégier la
30 récupération d'énergie dans le four dans la zone d'enfournement (Z):

 6 - Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérise en ce que la commande des brûleurs est assurée suivant un nombre

préétabli de régimes pour lesquels les réglages de combustion ont été optimisés en vue de réduire la production de NOx ou de CO₂.

7 - Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérise en ce que le réglage de la distribution de la puissance thermique injectée selon l'axe transversal du four, c'est-à-dire suivant la longueur du produit, est déduit de la mesure de la température du produit opérée directement lors de l'étape de laminage.

8 Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérise en ce que le réglage de la répartition de puissances longitudinales ou transversales pour l'ensemble des brûleurs est commandé manuellement par l'opérateur à partir de son pupitre de commande.

9- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que le profil de température du produit dans le four et le profil thermique longitudinal du produit délivré par le four sont calculés automatiquement par un moyen de contrôle automatique (15) reposant sur un modèle mathématique, sur un système à logique floue ou sur un algorithme du type neuro-prédictif.

10 - Procédé selon la revendication 9 caractérise en ce que la commande des brûleurs par ledit moyen de contrôle automatique (15) s'effectue à partir :

- d'informations (A) concernant la nature du produit à enfourner ;
- d'informations (B) sur le cadencement de défournement des produits réchauffés dans le four et devant être délivrés à un laminoir ;
- d'informations (C) relatives aux conditions du laminage et,
- d'informations (D) transmises par un capteur de température mesurant au défilé la température de la bande (12) obtenue par le laminage dudit produit (11).

Fig. 1

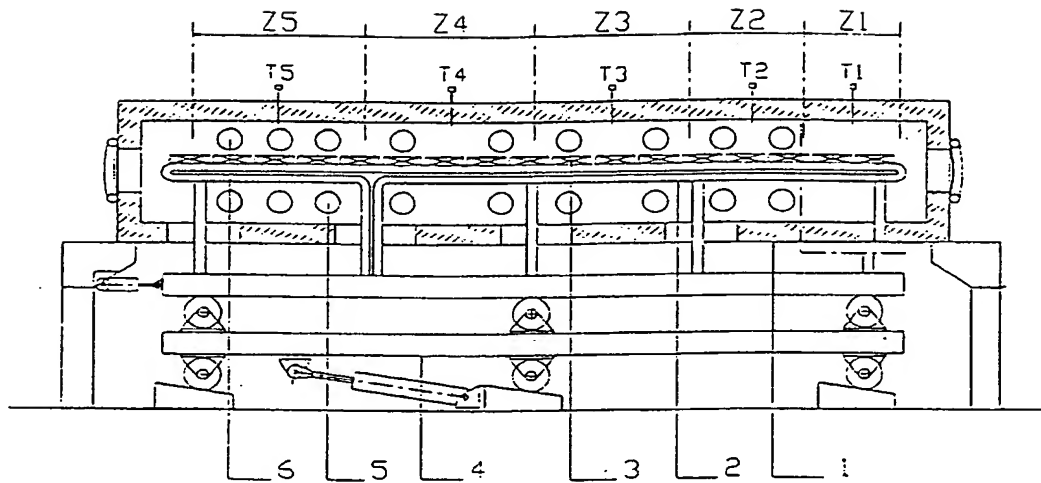
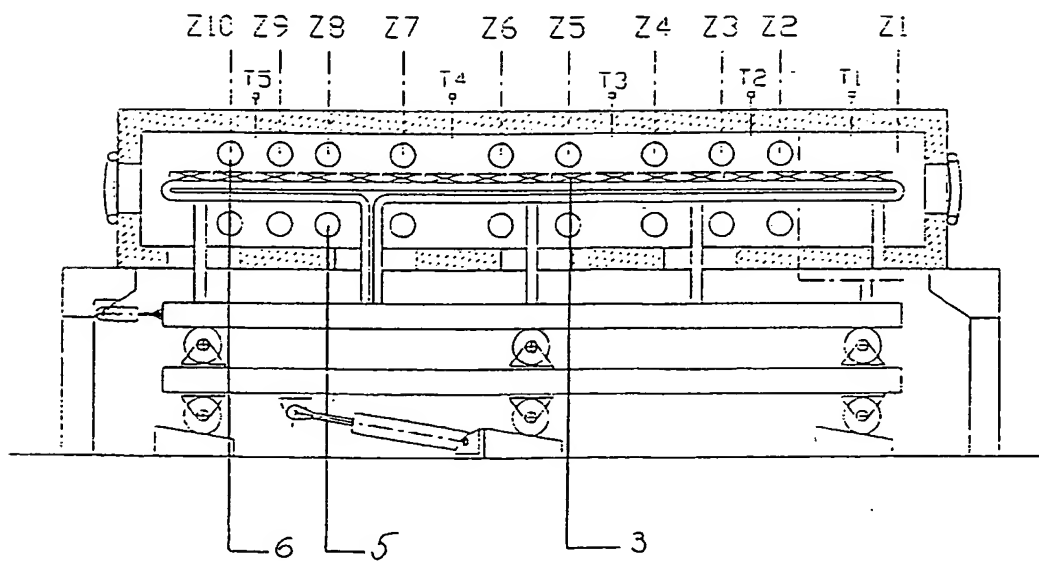


Fig. 2



2/2

Fig. 3

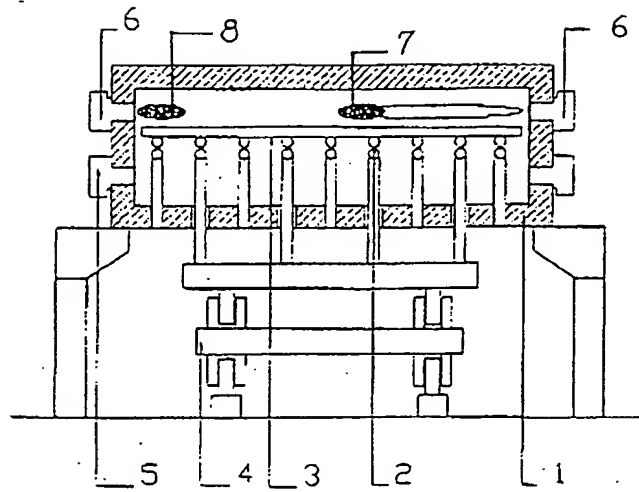
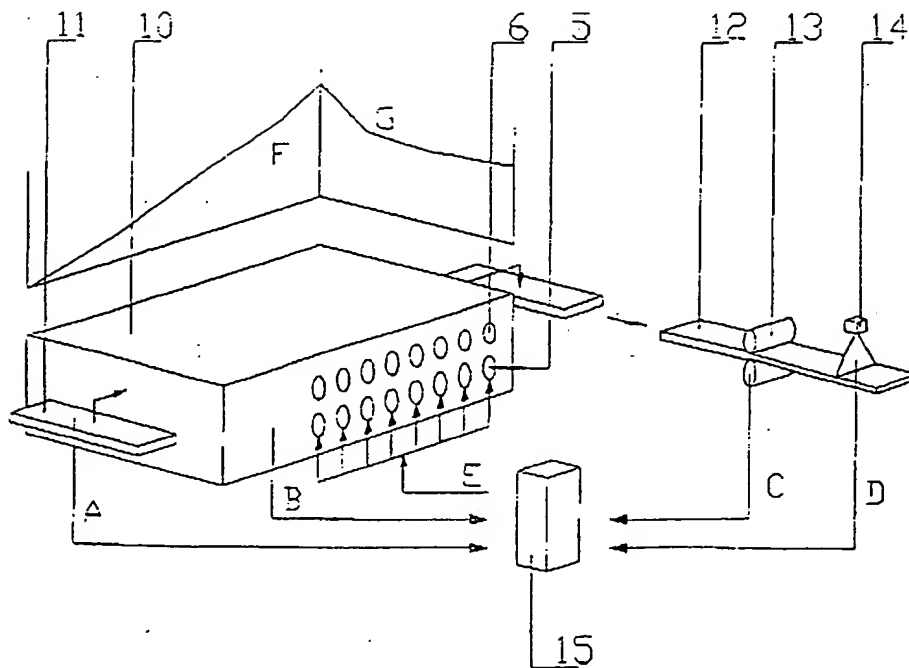


Fig. 4



REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national 2794132

FA 584148
FR 9906725

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	FR 1 559 355 A (STEIN ET ROUBAIX) 7 mars 1969 (1969-03-07) * Résumé *	1-10
X	US 4 281 984 A (KOBAYASHI ZENJIRO ET AL) 4 août 1981 (1981-08-04) * revendication 1; figures 1B,3 *	1,34
A	FR 2 551 849 A (MANNESMANN AG) 15 mars 1985 (1985-03-15) * revendications 1-3 *	1-10
A	US 4 394 121 A (WAKAMIYA YOSHINORI ET AL) 19 juillet 1983 (1983-07-19) * revendication 1 *	1-10
A	EP 0 767 353 A (DANIELI OFF MECC) 9 avril 1997 (1997-04-09) * revendication 1; figure 1 *	1-10
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.7)
		F27B C21D
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
6 juin 2000		Kesten, W
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intermédiaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C13)

Fig. 3

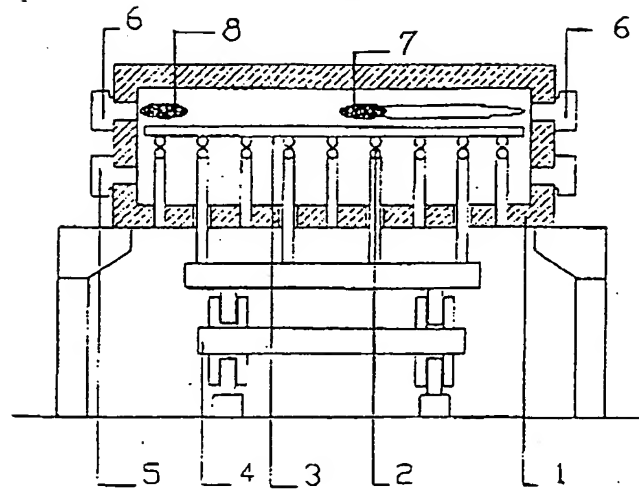


Fig. 4

